

EFEITOS DAS NANOPARTÍCULAS NA AGRICULTURA – UMA PROPOSTA DE INDICADORES SÓCIO-AMBIENTAIS PARA AVALIAÇÕES DE IMPACTO

CARINA FRAISOLI¹, KÁTIA R. E. JESUS-HITZSCHKY²

Nº10408

Resumo

Os indicadores ambientais são considerados uma poderosa ferramenta para aumentar o grau de conscientização e informação do público sobre aspectos ambientais. Além de serem utilizados nos processos de decisão, de modo a fornecer informações relativas aos problemas ambientais, podem dar suporte ao desenvolvimento de políticas, identificando os fatores chave que causam problemas ambientais e serem eficazes no monitoramento das políticas adotadas. A nanotecnologia oferece a perspectiva de grandes avanços que permitirão melhorar a qualidade de vida e preservar o meio ambiente. São muitas as aplicações desta ciência, entretanto, como em qualquer área que faça uso intensivo de novos materiais e substâncias químicas, ela pode trazer alguns riscos ao meio ambiente e à saúde humana. Desse modo o levantamento e análise dos indicadores sociais e ambientais associados ao emprego das nanocápsulas e nanopartículas dispersoras de fertilizantes, herbicidas e pesticidas foram realizados a partir da literatura especializada nas áreas correlatas à Nanociência. Após o levantamento dos possíveis impactos, foram elaborados questionários que contam com 28 questões ambientais e de saúde e 14 questões éticas-sociais. Estes questionários foram formulados de acordo com a Técnica Delphi e foram apresentados para os especialistas da área nanotecnológica tendo em vista a sua validação (atividade em andamento). Estes dados organizados no formato de indicadores representarão um esclarecimento maior, tanto para os cientistas como para a sociedade de modo geral, no que tange aos impactos potenciais das liberações de nanopartículas no meio ambiente.

Abstract

Environmental indicators are considered a powerful tool to increase the awareness and informing the public about environmental issues. Besides being used in decision-making in order to provide information relating to environmental problems, can support

¹Carina Fraisoli Estagiária da Embrapa Meio Ambiente, Rodovia SP 340, Km 127,5 Tanquinho Velho - Jaguariuna, SP – Brasil. Telefone: (19) 33112641 Fax: (19) 33112640.
Email: Carina@cnpma.embrapa.br

²Pesquisadora da Embrapa Meio Ambiente. E-mail: katiareg@cnpma.embrapa.br

policy development, identifying the key factors that cause environmental problems and be effective in monitoring the policy. Nanotechnology offers the prospect of major advances that will improve the quality of life and preserving the environment. There are many applications of this science, however, as in any area that will make intensive use of new materials and chemicals, it can bring some risks to the environment and human health. Thus the survey and analysis of social and environmental indicators associated with the use of nanoparticles and nanocapsules dispersion of fertilizers, herbicides and pesticides were made from literature in areas related to nanoscience. After surveying the possible impacts, which have been developed questionnaires with 28 environmental and health and 14 social-ethical issues. These questionnaires were formulated according to the Delphi technique and were presented to the specialists in nanotechnology in order to validate it. These data arranged like indicators represent a major explanation for both scientists and society generally in relation to the potential impacts of the release of nanoparticles into the environment.

Introdução

A nanotecnologia estende a ciência de materiais para o domínio de partículas e interfaces com dimensões extremamente pequenas, da ordem de um a cem nanômetros. Partículas deste tamanho, ou "nanopartículas", apresentam uma grande área superficial e, freqüentemente, exibem propriedades mecânicas, ópticas, magnéticas ou químicas distintas de partículas e superfícies macroscópicas. O aproveitamento dessas propriedades em aplicações tecnológicas forma a base da nanotecnologia de materiais (QUINA, 2004).

Em geral, as nanotecnologias vêm sendo empregadas para economia de energia; proteção do meio ambiente; e menor uso de matérias primas; além de empregos associados à saúde humana, como a liberação controlada de drogas no organismo; e também na área alimentar, com o desenvolvimento de filmes nano e microestruturados comestíveis para revestimentos de frutas e legumes minimamente processados ou *in natura*. Pesquisas destinadas ao desenvolvimento de sensores para monitorar processos industriais de qualidade de efluentes, ao desenvolvimento de métodos de separação por membrana, de métodos de liberação controlada de nutrientes e pesticidas no solo e a busca por novas utilidades dos produtos agrícolas, explorando a nanotecnologia, são enfocadas para beneficiar a agricultura e o meio ambiente (Levantamento..., 2010).

Dessa maneira, apesar do emprego crescente das nanotecnologias, seu potencial encontra-se ainda reprimido devido às questões de percepção pública e a necessidade de esclarecimentos do ponto de vista regulamentar. Ao lado dos estudos

de segurança ambiental são necessárias respostas que garantam a segurança de produtos com partículas nano para o meio ambiente. Para tanto, métodos científicos devem ser utilizados na construção de cenários que possibilitem determinar o alcance dos seus efeitos ambientais, com potencial de causar impacto ambiental negativo, antes mesmo que sejam realizados testes de campo e mercado. O estudo destas possíveis influências pode ser realizado empregando-se avaliações de impactos ambientais (AIAs), que definem-se como procedimentos para a previsão, a análise e a seleção de tecnologias, projetos e políticas de desenvolvimento, que minimizem alterações negativas da qualidade ambiental.

Além dos impactos ambientais, é fundamental o debate sobre a questão de patentes, Inovação Tecnológica de Produtos e Processos, índices de produtividade, bibliometria, alocação de recursos em projetos de pesquisa e desenvolvimento e formação de mestres e doutores em nanociência e nanotecnologia. Tais questões são imprescindíveis para a promoção do desenvolvimento político, econômico e social do país num marco de equidade e combate a pobreza (BARROS, 2007).

Material e método

Após levantamento bibliográfico de possíveis indicadores sócio-ambientais, foram formulados 42 questões, das quais 28 para identificação dos potenciais indicadores ambientais e 14 para identificação dos potenciais indicadores sociais, seguindo a metodologia Delphi de consulta aos especialistas. A Metodologia Delphi (LINSTONE; TUROFF, 1975) consiste em uma técnica simples para a busca de um consenso de opiniões de um grupo de especialistas, permitindo que seja feita uma análise quantitativa e qualitativa de cada caso.

Na primeira rodada de consultas em Delphi foram enviados 460 convites com o link para o preenchimento da versão final do questionário disponível na web, junto com a chave de acesso restrita a cada especialista. O questionário pode ser consultado no link: <http://www.cnpma.embrapa.br/nanotec1> utilizando a chave de acesso: impactos-nano. Ao fim do prazo estipulado recebemos 221 questionários respondidos, representando 52,37% do total. Esta porcentagem de retorno foi considerada satisfatória por ser bastante representativa, confirmando dados obtidos na literatura que indicam que o índice de retorno esperado na primeira rodada deve estar entre 50 e 70% para que seja possível uma segunda rodada de consultas Delphi.

No questionário online, cujo objetivo era a definição de critérios para avaliação de indicadores para avaliação dos impactos de nanotecnologias na dimensão ambiental e de saúde foram elaboradas 28 questões para identificação dos potenciais indicadores.

As questões da área ambiental e de saúde podem ser agrupadas dentro de cinco esferas:

1. Relatos dos impactos gerais/efeitos adversos das nanotecnologias do ponto de vista ambiental, analisando os riscos da exposição de solo, água, microbiota, fauna e flora tanto à nanopartículas quanto à nanocompósitos;
2. Relatos dos impactos gerais/efeitos adversos das nanotecnologias do ponto de vista da saúde do trabalhador analisando a importância do controle de áreas de risco, para que seja possível a elaboração de medidas preventivas visando proteger os trabalhadores de laboratórios de estudo e fabricação de nanoestruturas que mantêm contato direto ou indireto com as mesmas;
3. Procedimentos de rastreabilidade, inspeção e monitoramento ambiental analisando o ciclo de vida e rotas de exposição de produtos nanorelacionados visando à preservação de suas características;
4. Estabelecimento de parâmetros de validação científica de segurança de produtos e processos nanotecnológicos visando à precaução de prejuízos ambientais e à saúde dos trabalhadores e consumidores; e
5. Importância e sugestão de desenvolvimento ou formulação de um método de avaliação de impactos das nanotecnologias.

As 14 questões da área social, ética e institucional podem ser agrupadas dentro de três esferas:

1. Acesso a informação sobre a tecnologia;
2. Uso da tecnologia;
3. Reflexos sociais e éticos da ampliação destas tecnologias.

Em cada questão o especialista deveria assinalar, segundo a Escala Likert (Assis, 2007), o grau de relevância de cada questão que varia entre 1 (não importante) e 5 (extremamente importante). Além disso, os especialistas apresentam comentários ou sugestões que julgaram pertinentes a cada indicador, consolidando as justificativas de todos os painelistas.

Resultados e Discussão

Após análise dos resultados, os indicadores de impactos ambientais e da saúde e sociais validados pelos especialistas são descritos na Tabela 1.

As Figuras 1 e 2 descrevem a porcentagem de relevância dada pelos especialistas para alguns indicadores das áreas ambiental e de saúde e social.

Tabela 1: Indicadores de impactos ambientais e da saúde e sociais validados pelos especialistas.

Ambientais e de Saúde				
Questões	Não relevante (%)	Pouco relevante (%)	Relevante (%)	Possível Indicador
1.Monitoramento da destinação de resíduos provenientes de laboratórios e/ou indústrias de nanocompósitos, visando à qualidade ambiental	0,99%	1,49%	97,53%	Sim
2.Avaliação do ciclo de vida do produto nanorelacionado	1,04%	2,07%	96,89%	Sim
3.Necessidade de padronização de métodos de avaliação para produtos nanorelacionados	1,03%	4,10%	94,87%	Sim
Sociais				
1.Socialização da linguagem científica relacionada às nanociências	2,86%	10,29%	86,86%	Sim
2.Ações específicas de comunicação em nanociências	0,57%	8,57%	90,86%	Sim
3.Apoio Educacional em Nanociência	0,00%	4,05%	95,95%	Sim

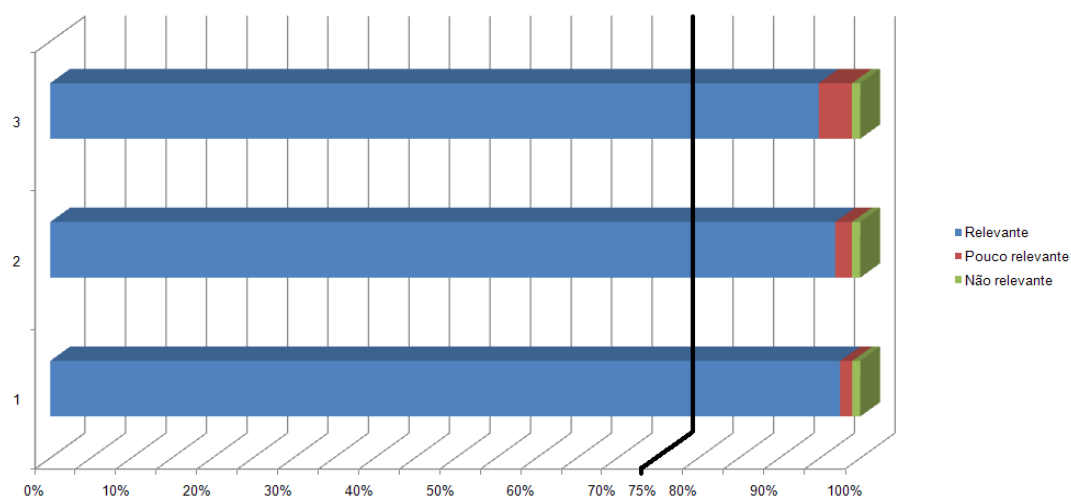


Figura 1: Avaliação dos indicadores de impacto ambientais e de saúde pelos especialistas consultados.

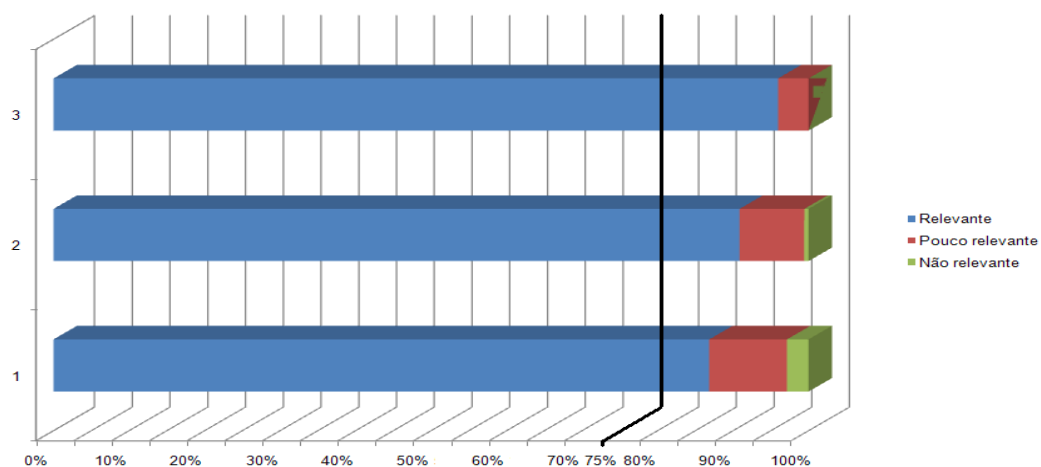


Figura 2: Avaliação dos indicadores de impacto sociais pelos especialistas consultados.

Conclusão

O resultado da primeira rodada de consulta aos especialistas, questionário on-line utilizando a técnica Delphi, correspondeu às expectativas, pois obteve um bom retorno, aproximadamente 53%, e não apresentou grande discordância entre os resultados.

O critério para classificação dos indicadores foi bastante restritivo (concordância de 75% dos especialistas), mas apesar disso todos os 28 indicadores ambientais e de saúde propostos foram validados como relevantes segundo a óptica dos especialistas. Para o questionário das áreas social, ética e institucional, dos possíveis 14 (quatorze) indicadores apontados para avaliação de impactos das nanotecnologias, apenas 3 (dois) não atenderam ao critério adotado, sendo eles: Grau de religiosidade dos consumidores potenciais das nanotecnologias; Aplicação de propriedades inovadoras para uso militar (relacionadas à nanomateriais) e Taxa de sindicalização e associativismo na área de nanotecnologia (fator decisivo para a estruturação do mercado de trabalho nanotecnológico e formulação de políticas públicas relacionadas)

Agradecimentos

Embrapa Meio Ambiente e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq – Brasil.

Referencias Bibliográficas

ASSIS, S. P. O., Metodologia da pesquisa científica. Disponível em: http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:pl-sUBWLgJ:www.fadepe.com.br/restrito/conteudo_pos/4_logis_METODOLOGIA_aula3.ppt+escala+likert+metodologia&cd=2&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br. Acesso em 21/06/2010.

BARROS, R. C. Políticas públicas para ciência e tecnologia: as nanotecnologias no Brasil. Disponível em: <http://estudiosdeldesarrollo.net/documentos/Proyecto-reinaldo.pdf>. Acesso em: 21 mar.2010

LEVANTAMENTO de indicadores dos impactos ambientais e sociais em Nanotecnologia a partir da mineração de texto. Plano de Estágio 2010. Documento interno. Jaguariúna, SP. 2010.

LINSTONE, H. A.; TUROFF, M. **The delphi method**: techniques and applications. Reading: Addison-Wesley, 1975. 620 p.

QUINA, F. H., **Nanotecnologia e o meio ambiente: perspectivas e riscos**. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422004000600031. Acesso em 21 mar. 2010.